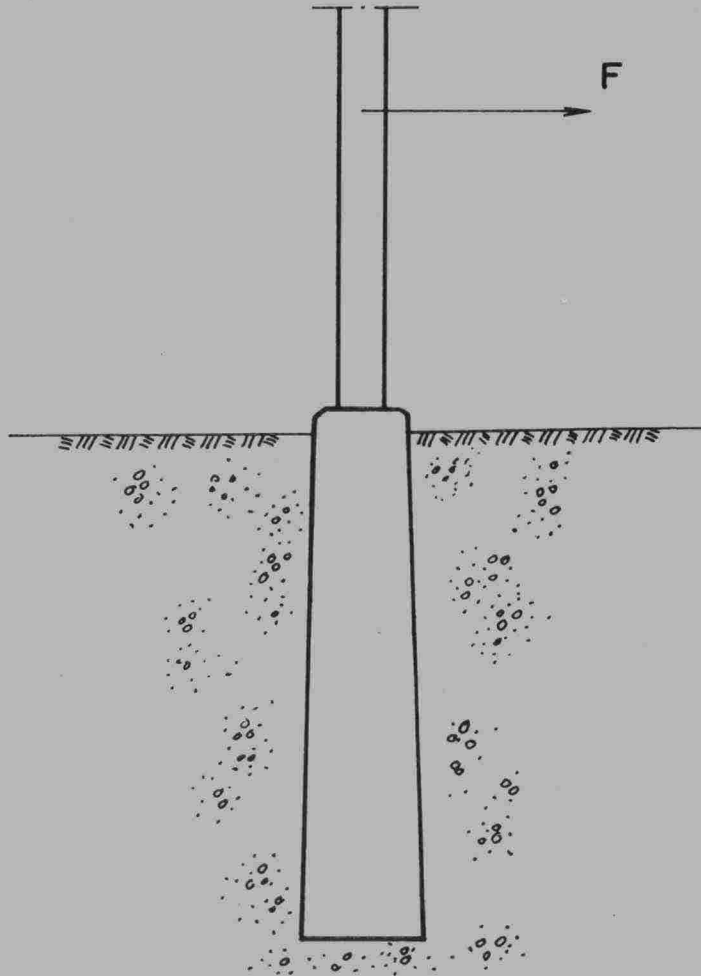




Tielaitos

Valaisinpylväiden perustaminen

Ympäristäytön laadun ja tiivistämistavan vaikutus
pilariperustuksen siirtymiin



Tielaitoksen
selvityksiä

27/1993

Helsinki 1993

Kehittämiskeskus

Tielaitoksen selvityksiä
27/1993

Valaisinpylväiden perustaminen

Ympäristäytön laadun ja tiivistämistavan vaikutus
pilariperustuksen siirtymiin

Tielaitos
Kehittämiskeskus

Helsinki 1993

ISSN 0788-3722
ISBN 951-47-7427-2
TIEL 3200153
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1993

Julkaisua myy:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotemyynti
Telefax (90) 1487 2652

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

Valaisinpylväiden perustaminen. Ympäristäytön laadun ja tiivistämistavan vaikutus pilariperustuksen siirtymiin. Tielaitos, kehittämiskeskus. Helsinki 1993. Tielaitoksen selvityksiä 27/1993. 23 s. + liitt. 14 s. TIEL 3200153, ISBN 951-47-7427-2, ISSN 0788-3722

Aiheluokka: 34, 82

Asiasanat: valaisinpylväät, perustukset, tiivistys

Tiivistelmä

Tielaitos on käyttänyt vuodesta 1991 alkaen törmäyksessä myötääviä valaisinpylväitä. On osoittautunut, että pylvään murtumismekanismi ei aina toimi törmäyksessä, jos jalusta liikahtaa maassa liian herkästi. Paikallaanpysymistä kuvattiin tässä kaatavalla momentilla, joka aiheuttaa 30 mm siirtymän perustuksen yläpäähän. Koekuormitus tehtiin vetämällä hitaasti pylväästä vaakasuoraan 1,1...1,4 m korkeudella maanpinnasta. Kokeita tehtiin yhteensä 24.

Jalustatyyppejen erot ovat pieniä. Betonijalusta näyttää olevan muita parempi, vaikka sen ulkomitat ovat muita pienemmät. Kaivinkoneen kauhaan kiinniteyllä kauhapalkilla kerroksittain tiivistetyn murskeen ympäröimän jalustan momenttikestävyydet ovat kaksinkertaisia tiivistämättömiin tai vain pinnalta tiivistettyihin verrattuna. Kauhapalkilla saadaan parempi tulos kuin (50 kg) tärylevyllä. Pelkkä kastelu parantaa tiivistämättömien ympäristäytteiden tuloksia.

Kauhapalkki antaa hiekassakin parhaan tiivistystuloksen momenttikestävyyden kannalta. Kauhapalkilla tiivistetyn hienon hiekan antama momenttikestävyys on kuitenkin noin 30 % pienempi kuin samalla tavalla tiivistetyssä murskeessa. Tärylevy ei näytä soveltuvan hienon hiekan tiivistykseen. Kivikiilaus antaa hiekassa vain hiukan paremman tuloksen kuin pelkkä pinnan tiivistys tärylevyllä.

Aikaisemmin tehtyjen törmäyskokeiden perusteella momenttikestävyydsraja tulisi asettaa johonkin tärylevyllä tiivistetyn murskeen alapuolelle (< 35 kNm), mutta tiivistämättömän murskeen yläpuolelle (> 25 kNm). Tiivistetty hieno hiekka jää tämän rajan alapuolelle.

Lisäksi kokeiltiin Loadman-pudotuspainolaitetta ja painokairaa tiivistystuloksen mittaamiseen. Ympäristäytteen pinnasta jälkeenpäin mitattuja E_2 -moduuleja ei voida käyttää luotettavasti riittävän momenttikestävyyden toteamiseen. Painokairaa voidaan käyttää jälkeenpäin tutkittaessa ympäristäytteen laatua. Kun painokairan $\frac{1}{2}$ -kierrosten määrä metriä kohti ylittää 60, momenttikestävyys on yleensä yli 30 kNm. Vesivolymetrillä hiekkakerroksen pinnasta mitattu tiiviysaste ei kuvaa ympäristäytteen pylväälle antamaa tukea. Myös pilariperustusten mitoitusmallien paikkansapitävyyttä voidaan arvioida tulosten perusteella. Jalustan kiertymispisteen syvyys saatiin selville mittamalla kaatamisessa käytetyn pylvään siirtymät kahdelta eri korkeudelta.

Esipuhe

Tämän tutkimuksen mittaukset on tehty Teknillisen Korkeakoulun tielaboratoriossa ja koehallissa tielaitoksen kehittämiskeskuksen tilauksesta. Raportti on laadittu kehittämiskeskuksessa.

Lisätietoja mittauksista antavat Veli-Antti Hakala, Jarkko Valtonen, Kari Laakso ja Jari Mustonen (TKK puh. 90-4511) ja tulosten tulkinnasta Kari Lehtonen (TIEL/kehittämiskeskus puh. 90-1487 2317).

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ / SAMMANFATTNING	3
ESIPUHE	5
SISÄLLYSLUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
2 TUTKIMUSMENETELMÄ	7
3 MITTAUSTULOKSET	8
3.1 Kaatavan voiman ja siirtymän suhde	8
3.2 Jalustan momenttikestävyys	12
3.3 Jalustan kiertymispisteen syvyys	15
3.4 Laadunvalvontaa palvelevat mittaukset	16
4 LAADUNVALVONTAMENETELMÄT	19
4.1 Jalustan kaatokoe	19
4.2 Valvotaan työmenetelmiä ja materiaaleja	19
4.3 Mitataan pudotuspainolaitteella	20
4.4 Tutkitaan ympärystäyte painokairalla	21
4.5 Tutkitaan kerroksittain ympärystäytteen tiiviysaste	22
5 LIITTEET	23
1. Rakeisuuskäyrät	
2. Koestustaulukot	
2.1 Voima- ja siirtymämittaukset	
2.2 E2-moduulit ja kosteudet, hiekan irtotiheys ja tiiviys sekä jalustan kiertymispisteen syvyys	
3. Voima-siirtymäkuvaajat	
4. Painokairaustulokset	

1 JOHDANTO

Tielaitos on käyttänyt vuodesta 1991 alkaen törmäyksessä myötäviä valaisinpylväitä. On osoittautunut, etteivät kaikki pylvästyypit toimi, jos pylvään jalustan ympäristäyte on pehmeä. Pylvään murtumismekanismi ei toimi törmäyksessä, jos jalustaa liikahtaa maassa liian herkästi.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin kuormituskokein, kuinka murskeen tai hiekan tiivistäminen vaikuttaa jalustan paikalla pysymiseen ja kuinka tiivistäminen voidaan tehdä. Lisäksi kokeiltiin Loadman-pudotuspainolaitetta ja painokairaa tiivistystuloksen mittaamiseen.

Tulokset on otettu huomioon tienrakennustöiden yleisten laatuvaatimusten ja työselitysten osan tievalaistus tarkistamisessa maaliskuussa 1993. Lisäksi tulosten perusteella kehitetään laadunvalvontamenetelmä.

Tuloksia käytetään myös teräs- ja muovirumpujen lujuusmitoitusmallin laatimisessa ympäristäytteen osalta. Myös pilariperustusten mitoitusmallien paikkansapitävyyttä voidaan arvioida tulosten perusteella.

2 TUTKIMUSMENETELMÄ

Tutkittava jalusta asennettiin koehallissa maalla täytettyyn altaaseen. Ympäristäyte tiivistettiin etukäteen määritellyllä tavalla. Tiivistystulos tutkittiin Loadman-pudotuspainolaitteella kahdesta kohdasta täytteen pinnasta. Lisäksi tehtiin painokairaus käsin 0,6 m etäisyydellä jalustasta. Hiekasta tutkittiin myös tiiviysaste vesivolymetrillä ja verrattiin tulosta proctor-kokeen tulokseen. Varsinainen koekuormitus tehtiin vetämällä hitaasti pylväästä vaakasuoraan 1,1...1,4 m korkeudella maanpinnasta. Kokeita tehtiin yhteensä 24.

Tutkitut jalustan, maalajin ja tiivistystavan yhdistelmät on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Tutkittavia jalustatapauksia oli 4:

1. Teräsjalusta, jonka poikkileikkaus on X-muotoinen; sivun pituus 600 mm; upotussyvyys 1900 mm. Jalusta on tarkoitettu maahan lyötäväksi eikä siinä ole pohjaa.
2. Betonijalusta SJ 4, jonka poikkileikkaus on lähes pyöreä; halkaisija alapäässä 750 mm, yläpäässä 443 mm; upotussyvyys 1700 mm.
3. Puupylväs, jonka halkaisija on 260 mm; upotussyvyys 2000 mm.
4. Puupylväs, jonka halkaisija on 260 mm; upotussyvyys 1700 mm.

Tutkittavia perusmaita oli 3:

1. Murske, joka täyttää amerikkalaisen tömäyskoestandardin rakeisuusvaatimukset kovalle ympärystäytölle. Rakeisuuskäyrä on liitteessä 1.1. Murskeen annettiin kuivua sisällä vesipitoisuuteen 2,5%.
2. Murske, kuten kohdassa 1, mutta kostutettuna vesipitoisuuteen 5%.
3. Hiekka, joka on hienompaa kuin amerikkalaisen törmäyskoestandardin rakeisuusvaatimus heikolle ympärystäytölle. Hiekka on hienoa, mutta ei siltistä eikä tasarakeista. Rakeisuuskäyrä on liitteessä 1.2. Hiekan annettiin kuivua sisällä vesipitoisuuteen 6...9 %.

Tutkittavia tiivistystapoja oli 6:

0. Ei tiivistystä.
1. Vain pinta tiivistettiin tärylevyllä (50 kg).
2. Tiivistys kauhapalkilla 1 m kerroksina.
3. Tiivistys kauhapalkilla 0,5 m kerroksina.
4. Tiivistys tärylevyllä 0,5 m kerroksina.
5. Kivikiilaus tiivistämättä erikseen täytemaata.

Kauhapalkilla tarkoitetaan tässä teräsputkea, jonka päähän on hitsattu pyöreä ja jäykkä halkaisijaltaan 310 mm suuruinen teräslevy. Teräsputki kiinnitettiin 8200 kg painoisen kaivinkoneen kauhaan. Tiivistettävää maata lyötiin ja painettiin koneen puomilla kahdesti kutakin tiivistettävää kohtaa.

3 MITTAUSTULOKSET

3.1 Kaatavan voiman ja siirtymän suhde

Jalustan siirtymä mitattiin 100 mm korkeudelta maan pinnasta. Vaakasuora voima kohdistui teräsjalustoissa 1050...1368 mm ja puu ja betonijalustoissa 1195...1455 mm korkeudelle maan pinnasta. Tarkat korkeudet on esitetty liitteessä 2.1. Vaakavoiman ja siirtymän suhde on esitetty liitteen 3 käyrissä.

Käyristä on poimittu taulukoihin 1 ja 2 voima $F_{30 \text{ mm}}$, joka on aiheuttanut 30 mm siirtymän. Törmäyskokeiden perusteella on arvioitu, että suurempi siirtymä voisi estää myötäävän pylvään toiminnan. Vastaavasti on poimittu $F_{100 \text{ mm}}$.

Taulukko 1: Voima $F_{30\text{ mm}}$, joka aiheuttaa 30 mm siirtymän jalustan yläpäässä.

Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM	8	12	33	31	30	
	Hk	7	10		17		
Betoni 1700/750	kM	10	18				
	Hk				27		
Puu 2000/270	kM	4	10		33	20	
	mM	7	16				
	Hk	2	5	17	23	7	21
Puu 1700/270	Hk				21		

Taulukko 2: Voima $F_{100\text{ mm}}$, joka aiheuttaa 100 mm siirtymän jalustan yläpäässä.

Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM	13	20	> 35	> 35	> 35	
	Hk	12	15		22		
Betoni 1700/750	kM	18	30				
	Hk				35		
Puu 2000/270	kM	8	16		> 35	28	
	mM	13	22				
	Hk	4	7	23	33	10	20
Puu 1700/270	Hk				31		

kM = kuiva murske
mM = kostea murske
Hk = hiekka

0 = ei tiivistystä
1 = vain pinta tiivistetty
2 = kauhapalkilla 1 m kerroksina
3 = kauhapalkilla 0,5 m kerroksina
4 = tärylevyllä 0,5 m kerroksina
5 = kivikiilaus, ei tiivistystä

Koska kuormituskorkeuksissa on ollut eroja, on parempi verrata jalustaa kaatavia momenteja. Tässä momentti on laskettu maan pinnan tasoon. Todellisuudessa jalusta on pyörähtänyt alempana olevan pisteen ympäri.

Taulukko 3: Momentti M_{30} mm, joka aiheuttaa 30 mm siirtymän jalustan yläpäässä.

Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM	9	17	45	41	34	
		7	11		17		
Betoni 1700/750	kM	14	26				
	Hk				38		
Puu 2000/270	kM	5	13		48	28	
	mM	9	23				
	Hk	3	6	22	30	9	15
Puu 1700/270	Hk				27		

kM = kuiva murske
mM = kostea murske
Hk = hiekka

0 = ei tiivistystä
1 = vain pinta tiivistetty
2 = kauhapalkilla 1 m kerroksina
3 = kauhapalkilla 0,5 m kerroksina
4 = tärylevyllä 0,5 m kerroksina
5 = kiviäiläus, ei tiivistystä

Taulukko 4: Momentti $M_{100 \text{ mm}}$, joka aiheuttaa 100 mm siirtymän jalustan yläpäässä.

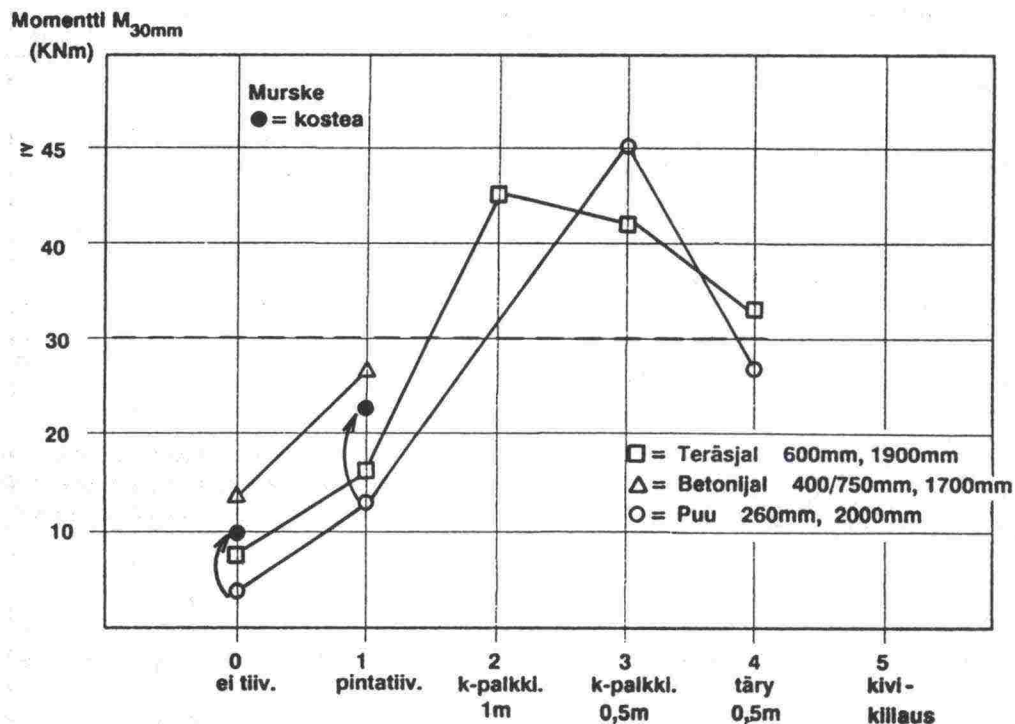
Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM	15	27	> 45	> 45	> 45	
		12	15		23		
Betoni 1700/750	kM	23	45				
	Hk				38		
Puu 2000/270	kM	11	21		> 45	38	
	mM	17	31				
	Hk	5	9	30	43	13	26
Puu 1700/270	Hk				40		

kM = kuiva murske
mM = kostea murske
Hk = hiekka

0 = ei tiivistystä
1 = vain pinta tiivistetty
2 = kauhapalkilla 1 m kerroksina
3 = kauhapalkilla 0,5 m kerroksina
4 = tärylevyllä 0,5 m kerroksina
5 = kivikiilaus, ei tiivistystä

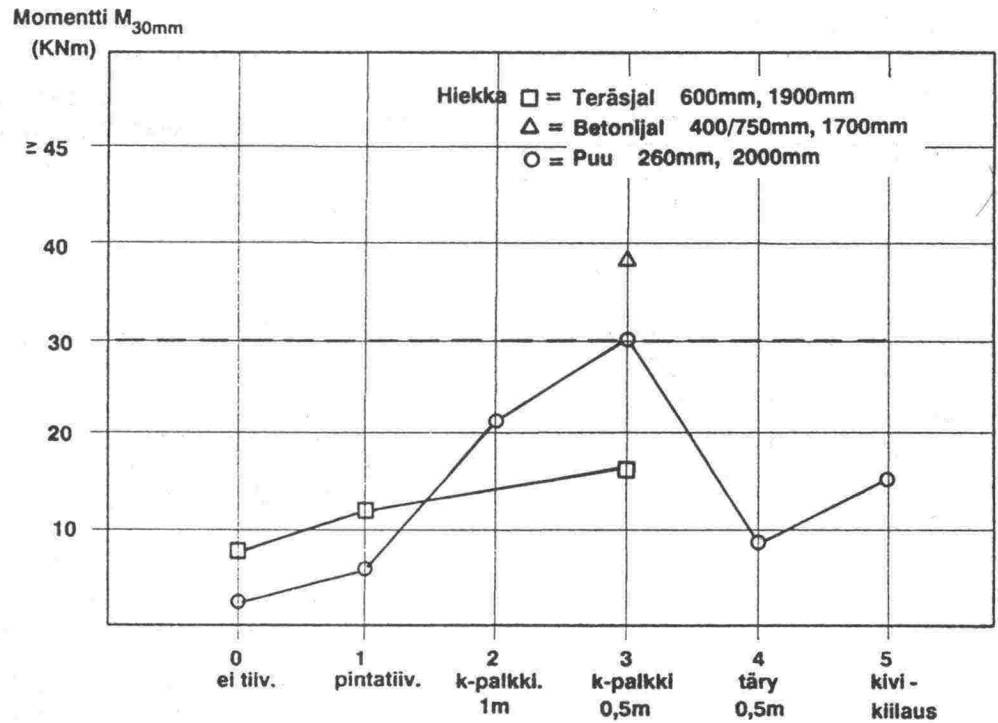
3.2 Jalustan momenttikestävyys

Kuvista 1, 2, 3 ja 4 nähdään havainnollisemmin, miten maalaji, tiivistystapa ja jalustatyyppi vaikuttaa perustuksen momenttikestävyyteen.



Kuva 1: Tiivistystavan vaikutus jalustan momenttikestävyyteen murskeessa. Momentti, joka aiheuttaa 30 mm siirtymän jalustan yläpäähän.

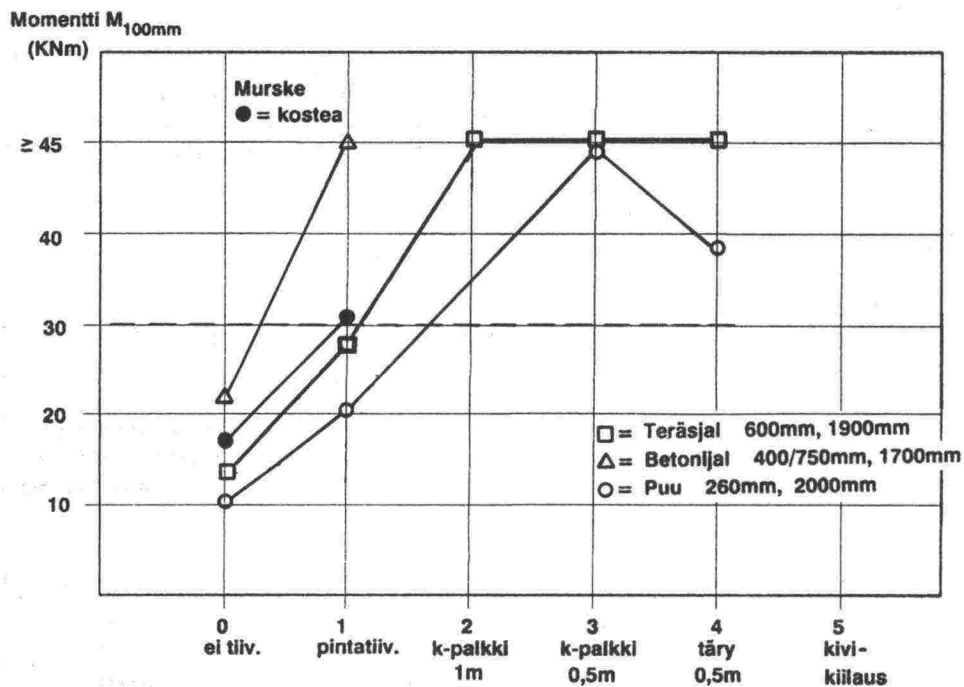
Kuvasta 1 nähdään, että kauhapalkilla saadaan parempi tulos kuin tärylevylä. Kauhapalkilla kerroksittain tiivistetyn jalustan momenttikestävyys on kaksinkertainen tiivistämättömiin tai vain pinnalta tiivistettyihin verrattuna. Jalustatyyppien erot ovat pieniä. Betonijalusta näyttää olevan muita parempi, vaikka sen ulkomitat ovat muita pienemmät. Pelkkä kastelu parantaa tiivistämättömien ympärystäytteiden tuloksia.



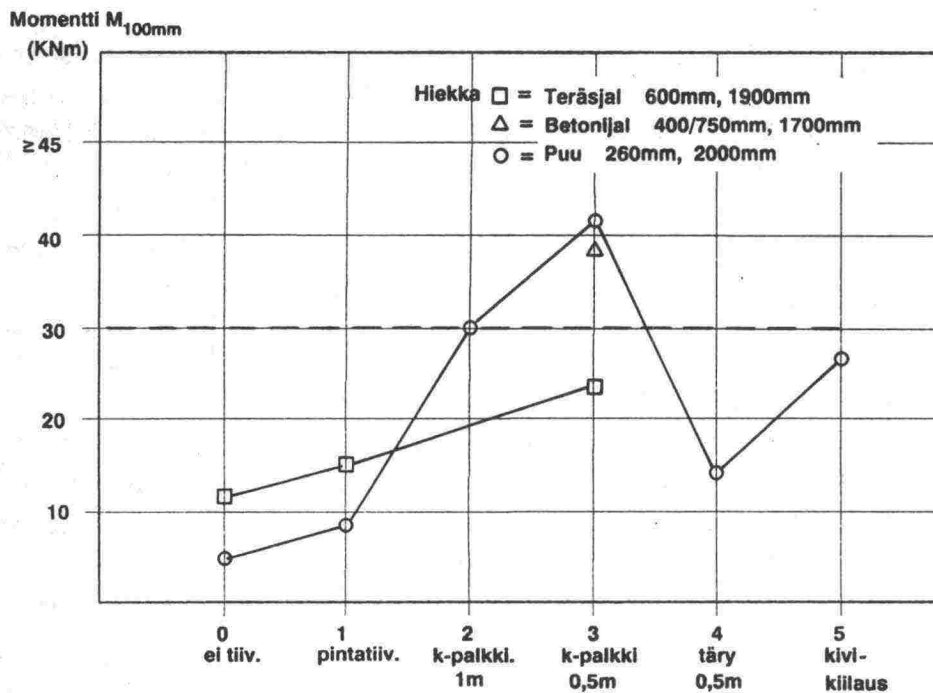
Kuva 2: Tiivistystavan vaikutus jalustan momenttikestävyyteen hienossa hiekassa. Momentti, joka aiheuttaa 30 mm siirtymän jalustan yläpäähän.

Kuvasta 2 nähdään, että kauhapalkki antaa hiekassakin parhaan tiivistystuloksen momenttikestävyyden kannalta. Kauhapalkilla tiivistetyn hienon hiekan antama momenttikestävyys on kuitenkin noin 30 % pienempi kuin samalla tavalla tiivistetyssä murskeessa. Sen sijaan tiivistämätön hieno hiekka antaa suunnilleen saman momenttikestävyyden kuin tiivistämätön murske. Tärylevy ei näytä soveltuvan hienon hiekan tiivistykseen. Kivikiilaus antaa vain hiukan paremman tuloksen kuin pelkkä pinnan tiivistys tärylevyllä.

Aikaisemmin tehdyissä törmäyskokeissa on käytetty ympärystyteenä kosteana tärylevyllä 0,3...0,5 m kerroksina kosteana tiivistettyä soraa. Näin hyvin tiivistetyssä maassa hyvin toimineet pylväät eivät kuitenkaan ole toimineet huonosti tiivistetyssä sorassa tai hiekassa. Momenttikestävyyssraja $M_{30 \text{ mm}}$ tulisi siitä syystä asettaa johonkin tärylevyllä tiivistetyn murskeen alapuolelle ($< 35 \text{ kNm}$), mutta tiivistämättömän murskeen yläpuolelle ($> 25 \text{ kNm}$).



Kuva 3: Tiivistystavan vaikutus jalustan momenttikestävyyteen murskeessa. Momentti, joka aiheuttaa 100 mm siirtymän jalustan yläpäähän.

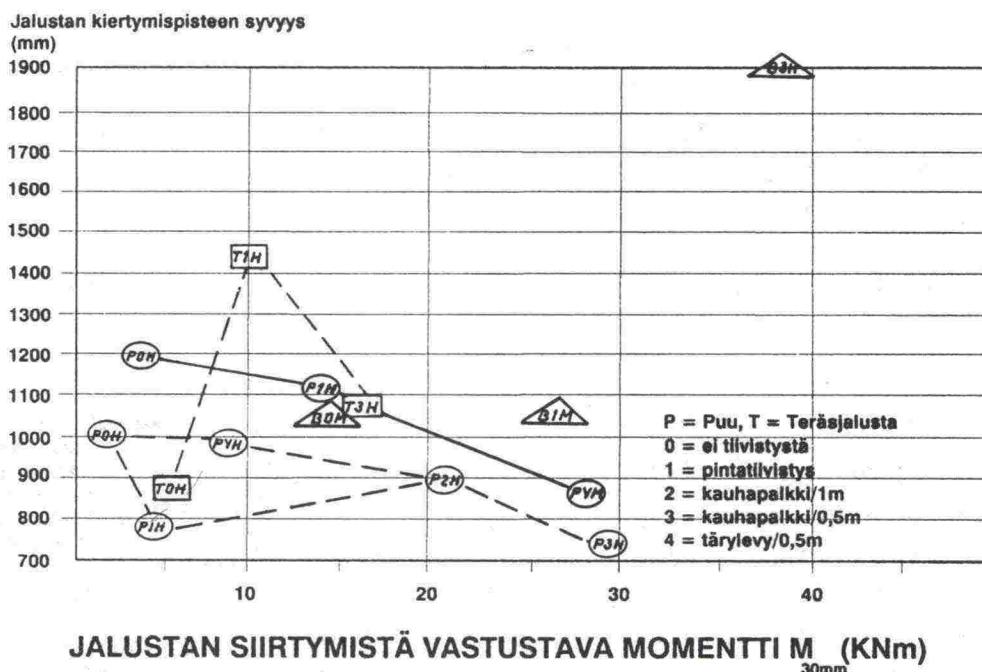


Kuva 4: Tiivistystavan vaikutus jalustan momenttikestävyyteen hienossa hiekkassa. Momentti, joka aiheuttaa 100 mm siirtymän jalustan yläpäähän.

Kuvista 3 ja 4 nähdään samanlaiset tulokset kuin kuvista 1 ja 2.

3.3 Jalustan kiertymispisteen syvyys

Jalustan kiertymispisteen syvyys saatiin selville mittaamalla pylvään siirtymät kahdelta eri korkeudelta.



Kuva 5: Jalustan kiertymispisteen syvyyden ja momenttikestävyyden $M_{30\text{ mm}}$ välinen yhteys, kun jalustan yläpää on siirtynyt 30 mm. Esimerkiksi kehystetty merkintä T1H tarkoittaa teräsjalustaa (=T), jonka ympärystäytteenä on pinnasta (=1) tiivistetty hiekka (=H).

Kuvasta 5 nähdään puupylväiden (P0M-P1M-P4M ja P0H-P4H-P2H-P3H) osalta johdonmukainen yhteys tiivistystavan ja jalustan kiertymispisteen sijainnin välillä. Jalustan kiertymispiste on lähempänä maanpintaa, kun tiivistysmenetelmä on hyvä ja kaatumista vastustava momentti suuri. Puupylväiden upotussyvyys oli 2000 mm ja kiertymispisteen etäisyys 750...1220 mm maanpinnasta. Teräs- ja betonijalustoilla ei ole tällaista yhteyttä. Myöskään puupylväs P1H, jossa on vain pinnasta tiivistetty hiekka ympärystäytteenä ei noudata edellä esitettyä sääntöä. Tästä syystä sääntöä ei voida pitää yleispätevänä.

Teräsjalustolla kiertymispiste on hiekassa yleensä alempana kuin puupylväillä, vaikka upotussyvyys on lähes sama. Havaintoja on kuitenkin vain kolmesta teräsjalustasta. Teräsjalustojen kiertymistä ei mitattu murskeessa. Tarkemmat tiedot kiertymispisteiden syvyyksistä on esitetty liitteessä 2.2. Liitteestä nähdään myös, että kiertymispisteen syvyys maanpinnasta suurenee 110...380 mm, kun jalustan yläpään siirtymä suurenee 30 mm:stä 100 mm:iin.

3.4 Laadunvalvontaa palvelevat mittaukset

Tiivistetyn ympäristäytteen pinnalta mitattiin Loadman-pudotuspainolaitteella pinnan kimmomoduuli useita kertoja samasta pisteestä. Kunkin jalustan ympäriltä tutkittiin kaksi pistettä ja näiden keskiarvot on esitetty liitteessä. Kolmatta pudotuskertaa vastaava E₂-moduuli on merkitty taulukkoon 6 alaindeksinä.

Tiivistettyyn ympäristäytteeseen tehtiin myös tavallinen painokairaus. Tulokset ovat liitteessä. Puolikerrosten määrä metriä kohti on merkitty taulukkoon 5 yläindeksinä.

Taulukko 5: Momentti M₃₀ mm, joka aiheuttaa 30 mm siirtymän jalustan yläpäässä. Yläindeksinä on merkitty painokairalla saatu tulos 1/2-kierroksia/1 m.

Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM Hk	9 ⁵ 7 ¹	17 ²⁵ 11 ²	45 ⁷³	41 ⁸² 17 ⁷⁶	34 ⁷⁶	
Betoni 1700/750	kM Hk	14 ⁸	26 ¹⁴		38 ⁷¹		
Puu 2000/270	kM mM Hk	5 ¹ 9 ¹⁴ 3 ²	13 ¹⁹ 23 ²⁰ 6 ⁴	22 ³⁷	48 ¹³⁴ 30 ⁶³	26 ⁶⁸ 9 ²⁴	15
Puu 1700/270	Hk				27 ⁷⁴		

Taulukko 6: Momentti M_{30} mm, joka aiheuttaa 30 mm siirtymän jalustan yläpäässä. Alaindeksinä Loadman-pudotuspainolaitteella saatu E_2 -moduuli (MPa).

Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM	9 ₈	17 ₁₉	45 ₂₆	41 ₂₅	34 ₂₀	
	Hk	7 ₅	11 ₁₄		17 ₁₃		
Betoni 1700/750	kM	14 ₁₀	26 ₂₈				
	Hk				38 ₁₄		
Puu 2000/270	kM	5 ₈	13 ₃₆		48	28 ₂₂	
	mM	9 ₁₂	23 ₄₄				
	Hk	3 ₅	6 ₁₄	22 ₁₃	30 ₁₈	9 ₉	15 ₅
Puu 1700/270	Hk				27 ₁₈		

kM = kuiva murske
mM = kostea murske
Hk = hiekka

0 = ei tiivistystä
1 = vain pinta tiivistetty
2 = kauhapalkilla 1 m kerroksina
3 = kauhapalkilla 0,5 m kerroksina
4 = tärylevyllä 0,5 m kerroksina
5 = kiviäiläus, ei tiivistystä

Taulukko 7: Momentti $M_{100 \text{ mm}}$, joka aiheuttaa 100 mm siirtymän jalustan yläpäässä. Yläindeksinä on merkitty painokairalla saatu tulos $1/2$ -kierroksia/1 m ja alaindeksinä Loadman-pudotuspainolaitteella saatu E_2 -moduuli (MPa).

Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM	15 ⁵	27 ²⁵	> 45 ⁷³	> 45 ⁸²	> 45 ⁷⁶	
	Hk	12 ¹	15 ²		23 ⁷⁶		
Betoni 1700/750	kM	23 ⁸	> 45 ¹⁴		38 ⁷¹		
	Hk						
Puu 2000/270	kM	11 ¹	21 ¹⁹		> 45 ¹³⁴	38 ⁶⁸	
	mM	17 ¹⁴	31 ²⁰				
	Hk	5 ²	9 ⁴	30 ³⁷	43 ⁶³	13 ²⁴	26
Puu 1700/270	Hk				40		
Tiivistystapa Kerrospaksuus Jalusta Maa		0 Ei tiiv.	1 Pinta- tiiv.	2 K-palkki 1 m	3 K-palkki 0,5 m	4 Täry 0,5 m	5 Kivik.
Teräs 1900/600	kM	15 ₈	27 ₁₉	> 45 ₂₆	> 45 ₂₅	> 45 ₂₀	
	Hk	12 ₅	15 ₁₄		23 ₁₃		
Betoni 1700/750	kM	23 ₁₀	45 ₂₈		38 ₁₄		
	Hk						
Puu 2000/270	kM	11 ₈	21 ₃₆		> 45	38 ₂₂	
	mM	17 ₁₂	31 ₄₄				
	Hk	5 ₅	9 ₁₄	30 ₁₃	43 ₁₈	13 ₉	26 ₅
Puu 1700/270	Hk				40 ₁₈		

kM = kuiva murske
mM = kostea murske
Hk = hiekka

0 = ei tiivistystä
1 = vain pinta tiivistetty
2 = kauhapalkilla 1 m kerroksina
3 = kauhapalkilla 0,5 m kerroksina
4 = tärylevyllä 0,5 m kerroksina
5 = kiviäiläus, ei tiivistystä

Liitteestä ja taulukoista nähdään, että tiivistämättömässä maassa kaira painuu 100 kg kuormalla lähes kiertämättä (1..5 1/2-kierrosta/1 m). Liitteestä 4 nähdään lisäksi, että pelkästään pinnasta tiivistetyissä ympärystäyteissä kiertämistä tarvitaan vain pintakerrosten puhkaisemisessa, mutta alempien eli tiivistämättömien kerrosten läpi kaira voi painua kiertämättä. Alas asti kerroksittain tiivistetyssä ympärystäyteessä 1/2-kierroksia tarvitaan murskeessa yli 60 ja hienossa hiekassa yli 30 metriä kohti.

Kuvasta 8 nähdään tiivistämismenetelmän vaikutus tiiviysateeseen. Tiiviysaste mitattiin vesivolymetriä ja parannettua proctor-koetta käyttäen.

4 LAADUNVALVONTAMENETELMÄT

Laadunvalvarmistukseen soveltuu parhaiten työnaikainen materiaali- ja menetelmatarkkailu (4.2). Vaihtoehdoksi voitaneen kehittää painokairaus (4.4), jota voidaan käyttää myös valmiin työn arviointiin.

Vaihtoehtoiset laadunvalvontamenetelmät, niiden edut ja puutteet on esitetty seuraavissa kappaleissa.

4.1 Jalustan kaatokoe

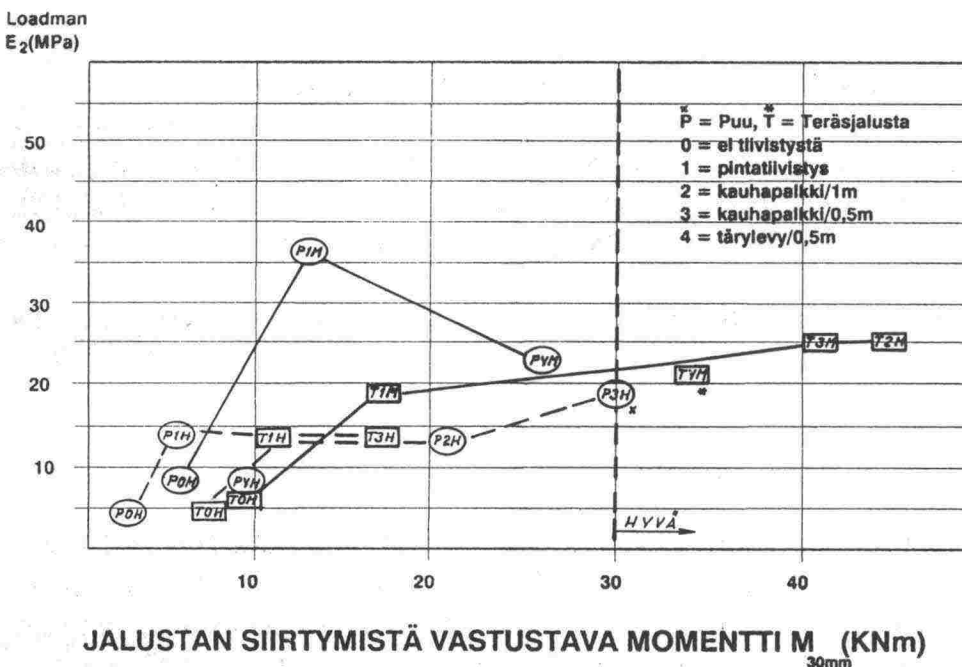
Kuormitetaan pylvästä tietyllä momentilla ja verrataan aiheutunutta jalustan yläpään siirtymää sallittuun arvoon. Esimerkiksi 30 kNm momentti saisi aiheuttaa enintään 30 mm siirtymän. Etuna on se, että mitataan mahdollisimman suoraan vaadittua ominaisuutta. Menetelmän jäljiltä jalusta on oikaistava ja ympärystäyttö tehtävä uudelleen. Lisäksi pylväs tai jalusta voi vaurioitua. Menetelmä ei sovellu näistä syistä normaalin tuotannon laadunvalvontaan.

4.2 Valvotaan työmenetelmiä ja materiaaleja

Vaaditaan tietty ympärystäytemateriaali ja tiivistysmenetelmä ja valvotaan niiden noudattamista. Kuvan 1 perusteella 0,5 tai 1 m kerroksina kauhapalkilla tiivistetty murske ja tärylevyllä 0,5 m kerroksina tiivistetty murske ylittävät rajan 30 kNm. Hienolla hiekalla voidaan kuvan 2 mukaan joskus päästä 30 kNm:iin tiivistämällä hiekka kauhapalkilla 0,5 m kerroksina. Työmenetelmää koskeva laatuvaatimus edellyttää kuitenkin jatkuvaa valvontaa. Se voi lisäksi jarruttaa valaisinpylväsperustusten kehittämistä.

4.3 Mitataan pudotuspainolaitteella

Ympäristäytteen E-moduuli voidaan mitata helpoimmin kannettavalla Loadman pudotuspainolaitteella. Jos moduuli joudutaan mittaamaan jokaisen tiivistetyn kerroksen päältä, tarvittava valvonta on yhtä vaikeaa kuin menetelmätarkkailu. Lisäksi kosteusvaihtelut ja mittausten huono toistettavuus aiheuttavat tulkintaongelmia. Kuvassa 6 on tarkasteltu ympäristäytteen pinnasta mitattujen Loadman E₂-moduulin soveltuvuutta momenttikestävyyden arviointiin. Kuvan perusteella voidaan todeta, ettei ympäristäytteen pinnasta jälkeinpäin mitattuja E₂-moduuleja voida käyttää luotettavasti riittävän momenttikestävyyden toteamiseen.



Kuva 6: Ympäristäytteen pinnasta mitatun Loadman pudotuspainolaitteen E₂-moduulin ja momenttikestävyyden M_{30 mm} välinen yhteys. Kuvan rengastettu merkintä P1M tarkoittaa puupylvästä (=P), jonka ympäristäytteenä on pinnasta tiivistetty (=1) murske (=M).

Kuvasta 6 nähdään, että suurikaan pinnan E-moduuli ei takaa suurta (25 kNm) momenttikestävyyttä. Esimerkiksi teräsjalustalla pelkkä pinna tiivistys (T1M) antaa murskeessa lähes saman E-moduulin (n. 20 MPa) kuin ympäristäytteen tiivistäminen kauhapalkilla kerroksittain koko syvyydellä (T3M ja T2M). Kuitenkin vain jälkimmäisillä momenttikestävyys on hyvä (> 30 kNm). Vastaava tilanne on puujalustalla hiekassa (P1H verrattuna tapauksiin P2H ja P3H).

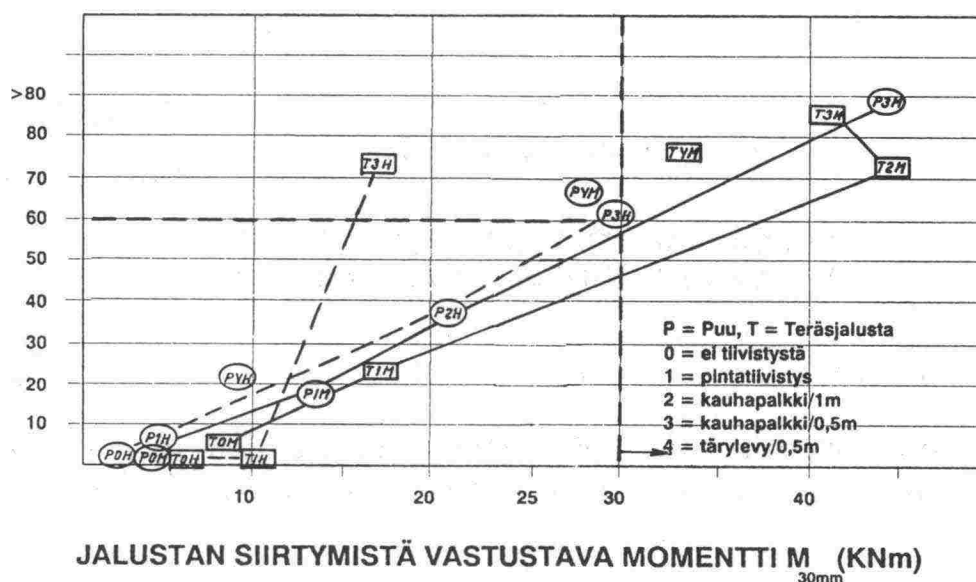
Pinnalta mitatun moduulin perusteella voidaan vain todeta onko pintamaa tiivistetty. Tämä nähdään vertaamalla esimerkiksi kuvan 6 havaintoja P0H (tiivistämätön) ja P1H (pinnalta tiivistetty) keskenään. Pinnan tiivistys parantaa pinnan moduulia jyrkästi.

Murskeen päältä (esim. P0M) saadaan yleensä suurempi moduuli kuin samalla tavalla tiivistetyn hiekan päältä (esim. P0H). Loadman pudotuspainolaitteen E2-moduulit eivät ole suoraan vertailukelpoisia muilla laitteilla saatujen moduulien kanssa.

4.4 Tutkitaan ympärystäyte painokairalla

Painokairaa voidaan käyttää myös jälkeinpäin tutkittaessa ympärystäytteen laatua. Kuvassa 7 on esitetty painokairan kierrosmäärien ja momenttikestävyyden välinen suhde. Kun $\frac{1}{2}$ -kierrosten määrä metriä kohti ylittää 60, momenttikestävyys on yleensä yli 30 kNm. Ainoa poikkeus on tapaus T3H. Jos $\frac{1}{2}$ -kierrosten määrä alittaa 60, momenttikestävyys on selvästi alle 30 kNm. Tällä perusteella painokairaus kuvaa hyvin ympärystäytteen jalustalle antamaa tukea. Vikoina on se, ettei painokairalla pääse kovin lähelle pystytettyä pylvästä. Etäisyyden tulisi olla enintään 0,35 m. Pylväättömän jalustan vierestä voidaan tutkia aivan lähellä. Painokairaus ei myöskään toimi suurikivisessä maassa. Karkeassa murskeessa se voi antaa liian suuria arvoja. Kokeissa suurin raekoko oli 25 mm. Laadunvalvonnan helpottamiseksi ympärystäytteen ei pitäisi tuoda materiaalia, jossa on yli 40 mm rakeita.

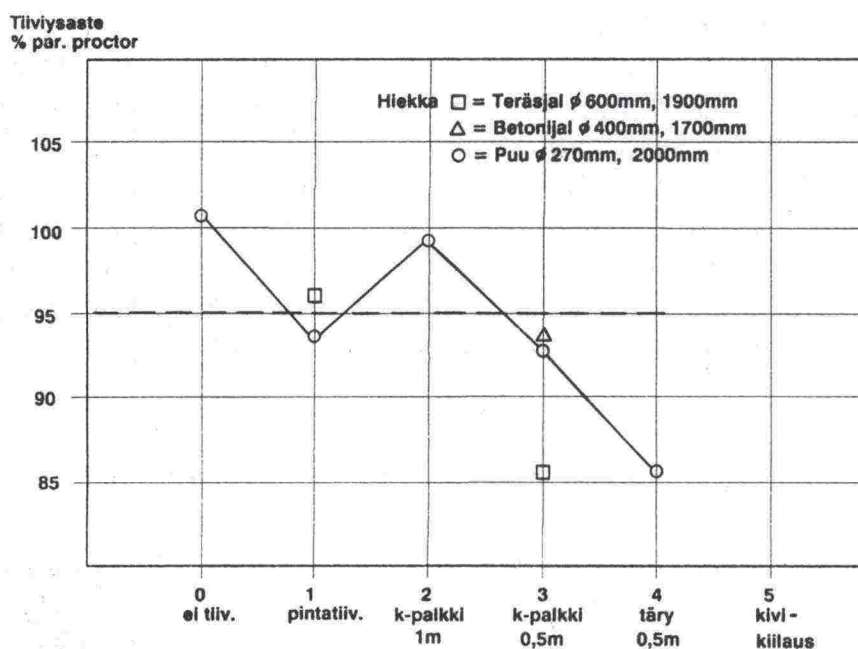
Painokairaus
($\frac{1}{2}$ kierr/1m)



Kuva 7: Ympärystäytteen painokairauksen tuloksen ($\frac{1}{2}$ -kierrosta/1 m) ja momenttikestävyyden $M_{30\text{ mm}}$ suhde. Kuvan kehystetty merkintä T3H tarkoittaa teräsjalustaa (=T), jonka ympärystäytteenä on 0,5 m kerroksina tiivistetty (=3) hiekka (=H).

4.5 Tutkitaan kerroksittain ympärystytteen tiiviysaste

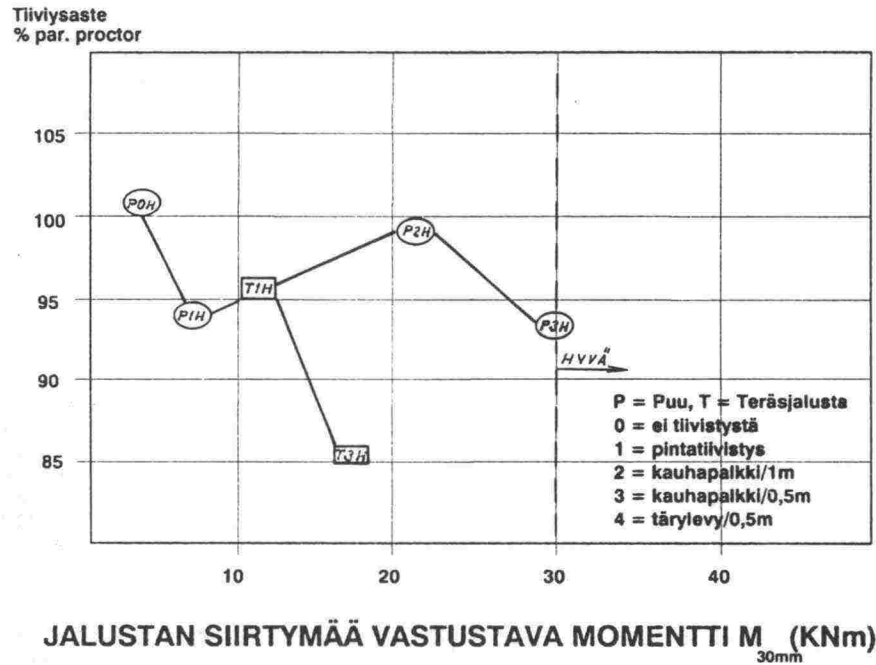
Tiiviysaste on helpointa mitata troxler-laitteella tai vastaavalla. Pelkkä ympärystytteen pinnan mittaaminen ei riitä kuten havaittiin pudotuspainolaitteen kohdalla. Kerroksittainen mittaus on työläs. Lisäksi maalajin vaihtuessa tarvitaan uusi proctor-koe tai troxler laitteelle uusi vertailuarvo. Maalajit voivat vaihtua myös pylvään syvyys suunnassa. Kuvasta 8 ja 9 nähdään, ettei volymetrillä hiekkakerroksen pinnasta mitattu tiiviysaste kuvaa ympärystytteen pylväälle antamaa tukea. Murskeesta ei mitattu tiiviysasteita. Troxler-mittauksia ei tehty.



TIIVITYSTAVAN VAIKUTUS JALUSTAN SIIRTYMÄSTÄ VASTUSTAVAAN MOMENTTIIN M_{30mm} HIEKASSA

Kuva 8: Hiekan tiiviysaste eri tiivistystavoilla.

Kuvasta 8 nähdään, että tiivistämättömän ympärystytteen pinnasta on mitattu paras tiiviysaste. Tulokset eivät parane tiivistystavan parantuessa.



Kuva 9: Ympäristäytteen tiivysasteen ja momenttikestävyyden $M_{30 \text{ mm}}$ suhde.

Kuvasta 9 nähdään, että huonosti pylvästä tukevien ympäristäytteen pinnasta on mitattu yhtä hyvä tai parempi tiivysaste kuin paremmin pylvästä tukevissa. Pelkästään yhdestä pisteestä mitattu tiivysaste ei tästä syystä sovellu ympäristäytteen antaman tuen kuvaamiseen. Tutkimuksesta ei ilmene, johtuuko huono yhteys tiivysasteen mittauksen virhelähteistä vai muista asioista.

5 LIITTEET

1. Rakeisuuskäyrät

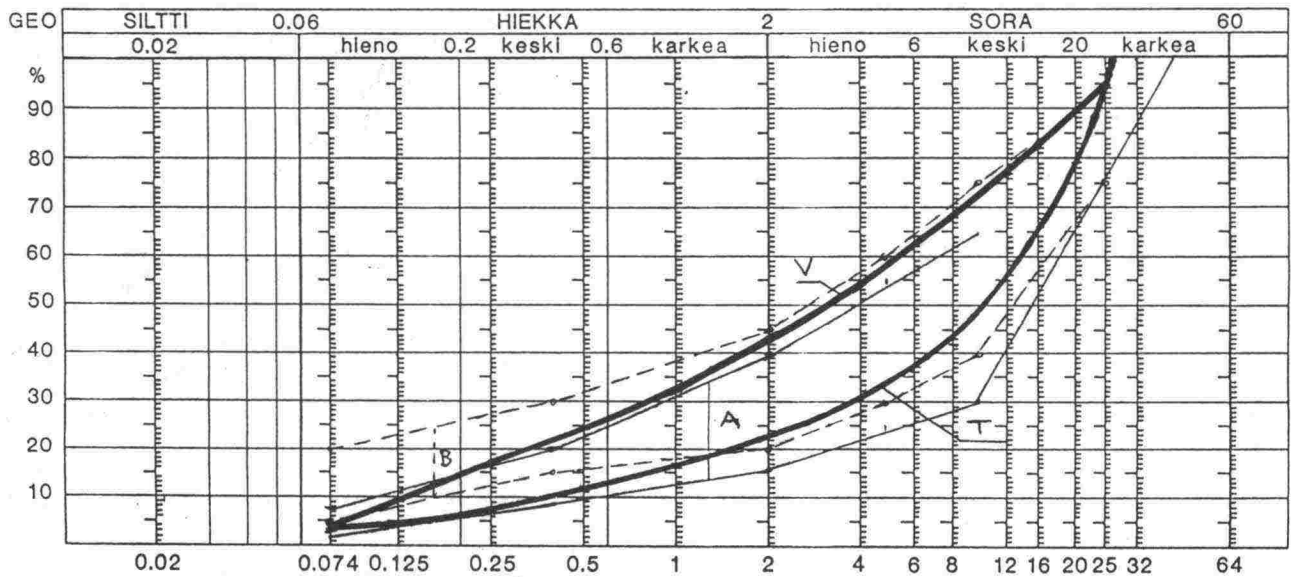
2. Koestustaulukot

2.1 Voima- ja siirtymämittaukset

2.2 E2-moduulit ja kosteudet, hiekan irtotiheys ja tiivys sekä jalustan kiertymispisteen syvyys

3. Voima-siirtymäkuvaajat

4. Painokairaustulokset

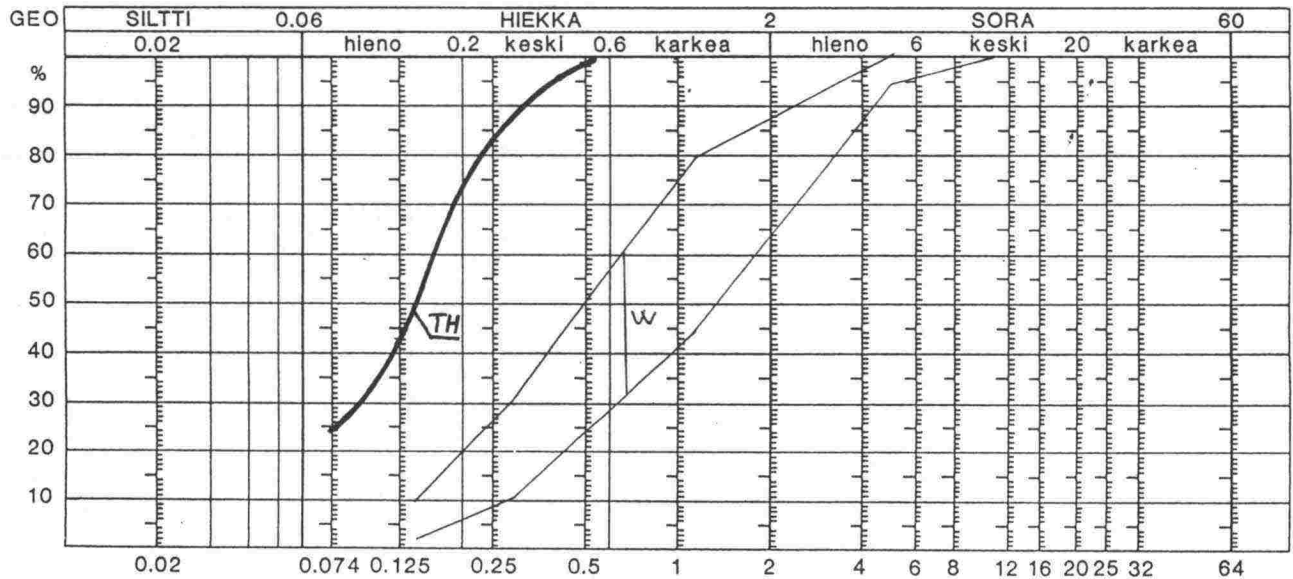


Törmäys- ja tiivistyskokeissa käytettävien kiviainesten rakeisuuskäyrät

A ja B: NCHRP 230 ja 350:ssä määritelty kova maa

V : Vierumäellä käytetty sora

T : Tiivistyskokeissa käytetty murske



Törmäys- ja tiivistyskokeissa käytettävien kiviainesten rakeisuuskäyrät

W : NCHRP 350:ssä määritelty pehmeä maa

TH: Tiivistyskokeissa käytetty hiekka

TAULUKON MERKINNÄT

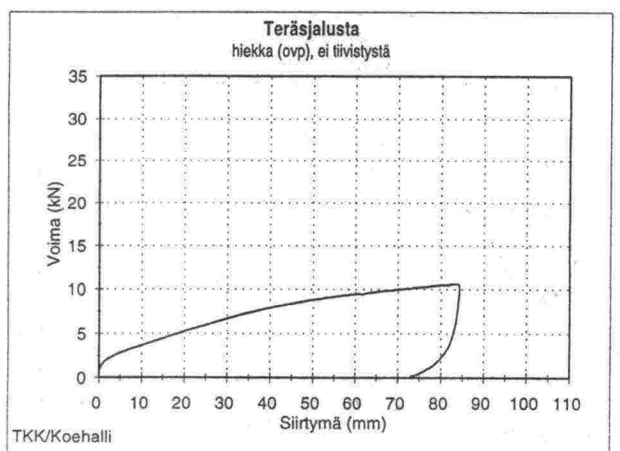
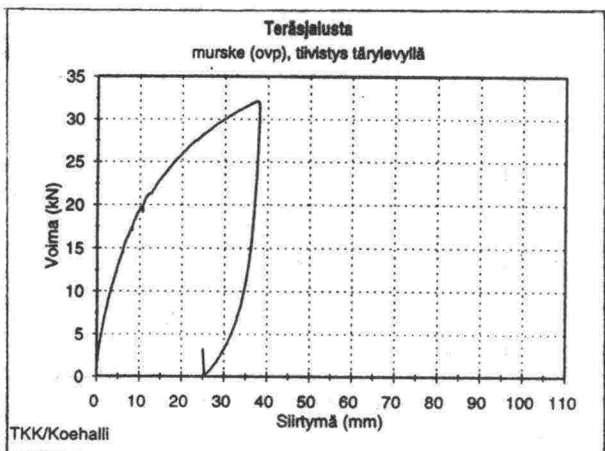
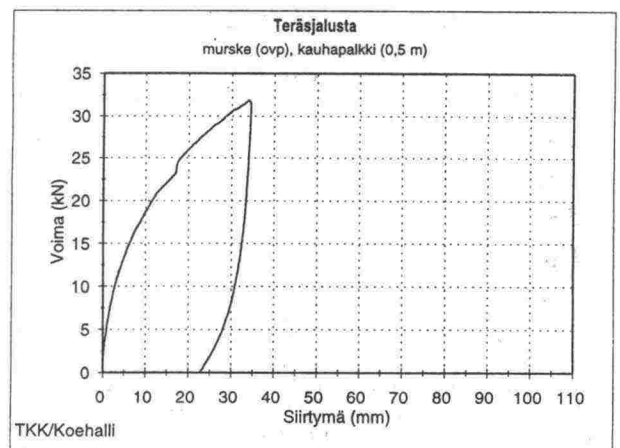
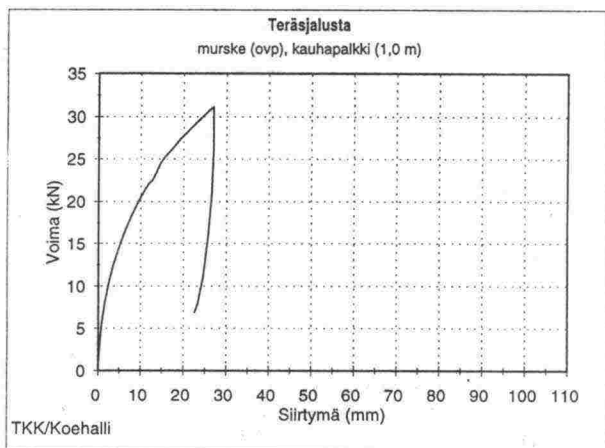
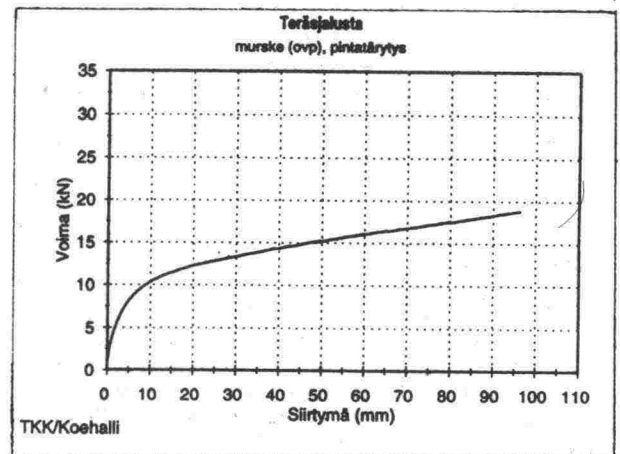
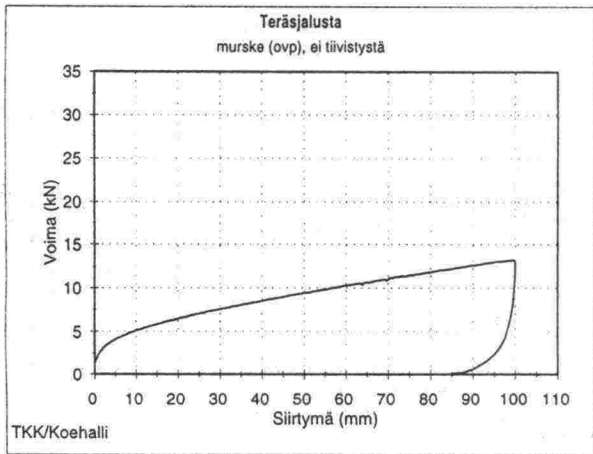
M0	Voiman etäisyys maasta
M1	Laipasta voimaan
M2	Voimasta alinpaan anturiin
M3	Voimasta toiseen anturiin
M4	Laipasta hiekkaan
F30	30 mm siirtymään vast. voima
F100	100 mm siirtymään vast. voima
Kk 30	Kiertokeskiön syvyys 30 mm siirtymällä
Kk 100	Kiertokeskiön syvyys 100 mm siirtymällä

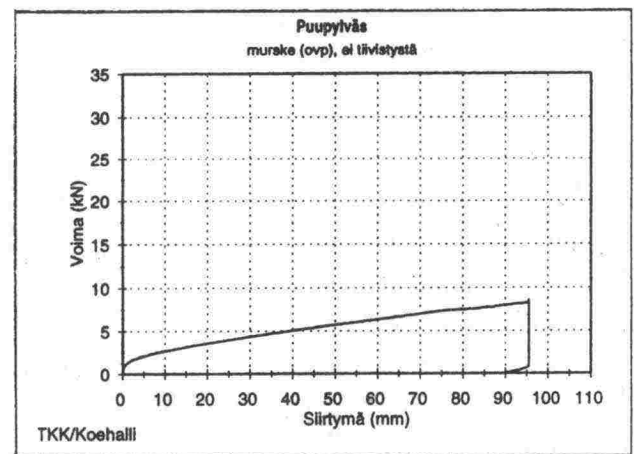
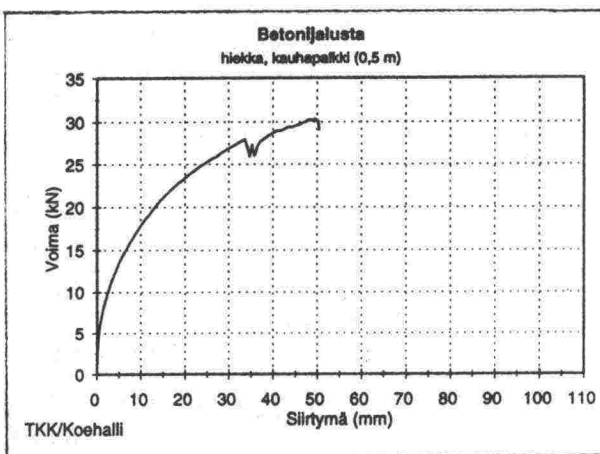
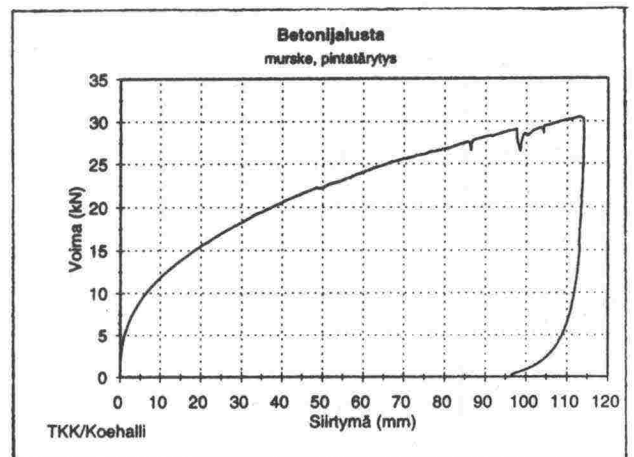
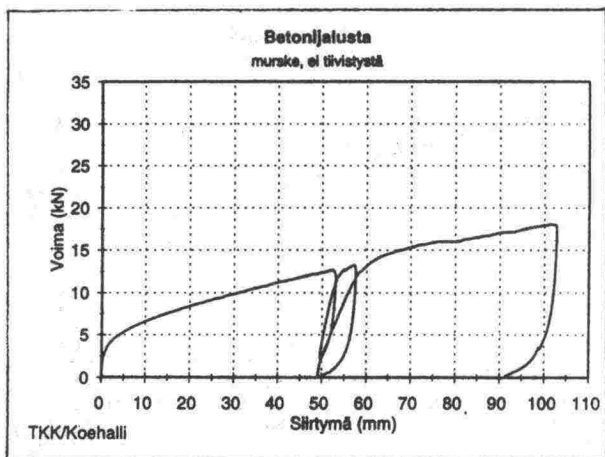
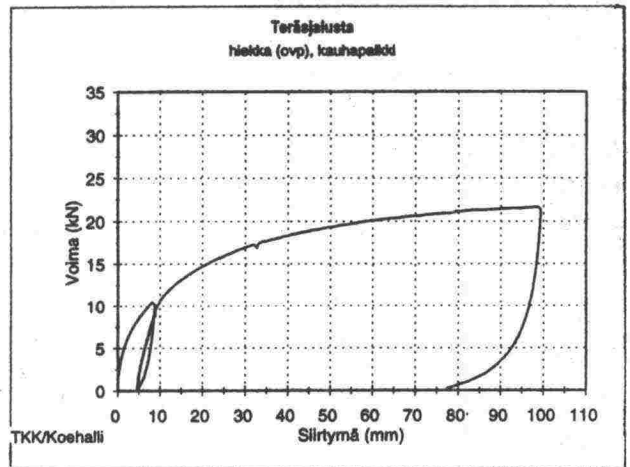
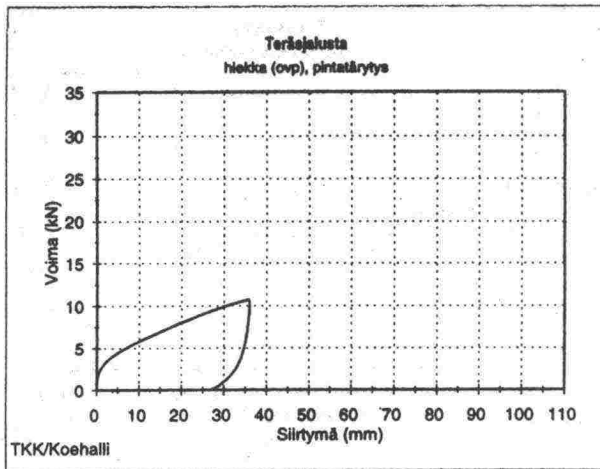
NO	M0 (mm)	M1 (mm)	M2 (mm)	M3 (mm)	M4 (mm)	Kk 30 (mm)	Kk 100 (mm)	Fm (kN)	F30 (kN)	F100 (kN)	Maalaji M/H	Jalusta/ Pylväs	Kastelu	Tiivistystapa	P-syvyys (mm)	Muuta
1	1130	1090	1100	-	40	-	-	13.29	7.58	13.29	M	Teräs	Ei	0 ei tiivistystä	1900	
2	1125	1085	1095	-	40	-	-	32.22	30.11	-	M	Teräs	Ei	4 tärylevy 0,5m	1900	
3	1325	1215	1225	-	110	-	-	32.03	30.69	-	M	Teräs	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1900	
4	1368	1202	1212	-	166	-	-	19.10	12.33	19.60	M	Teräs	Ei	1 pintatärytys	1900	
5	1195	-	1175	825	-	1217	-	8.63	4.40	(9,0)	M	Puu	Ei	0 ei tiivistystä	2000	
6	1302	-	1233	883	-	1129	-	15.69	10.20	(16,0)	M	Puu	Ei	1 pintatärytys	2000	
7	1317	-	1300	950	-	875	1122	29.29	19.94	29.17	M	Puu	Ei	4 tärylevy 0,5m	2000	
8	1455	-	1390	1040	-	-	-	31.65	(33,0)	-	M	Puu	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	2000	
9	1375	1255	1265	915	130	-	-	21.13	(32,5)	-	M	Teräs	Ei	4 kauhapalkki 1,0m	1900	
10	1372	1297	1340	1020	75	1053	-	17.41	9.92	17.20	M	Betoni	Ei	0 ei tiivistystä	1700	
11	1430	1300	1370	1020	130	1051	1430	30.53	18.36	(29,45)	M	Betoni	Ei	1 pintatärytys	1700	
12	1260	-	1220	865	-	1065	1179	14.21	7.20	13.68	M	Puu	Märkä	0 ei tiivistystä	2000	
13	1400	-	1375	925	-	876	1018	22.01	16.28	21.88	M	Puu	Märkä	1 pintatärytys	2000	
14	1057	940	930	580	117	891	-	10.63	6.73	(11,5)	H	Teräs	Ei	0 ei tiivistystä	1900	
15	1060	935	927	602	125	1439	-	10.74	9.96	-	H	Teräs	Ei	1 pintatärytys	1900	
16	1050	930	907	557	120	1075	-	21.66	16.88	21.65	H	Teräs	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1900	
17	1200	-	1135	770	-	1021	-	4.11	2.18	4.05	H	Puu	Ei	0 ei tiivistystä	2000	
18	1280	-	1225	875	-	781	962	7.31	4.52	7.20	H	Puu	Ei	1 pintatärytys	2000	
19	1245	-	1200	835	-	976	-	10.07	6.91	10.01	H	Puu	Ei	4 tärylevy 0,5m	2000	
20	1280	-	1230	870	-	898	-	22.98	17.06	22.85	H	Puu	Ei	2 kauhapalkki 1,0m	2000	
21	1410	1345	1370	1005	65	1896	-	30.39	26.94	-	H	Betoni	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1700	
22	1300	-	1245	900	-	751	-	32.49	22.94	32.68	H	Puu	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	2000	
23	1300	-	1230	895	-	835	-	31.17	20.88	31.07	H	Puu	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1700	
24	1285	-	1220	885	-	946	-	20.96	11.49	20.05	H	Puu	Ei	0 ei tiivistystä	2000	kivikiila

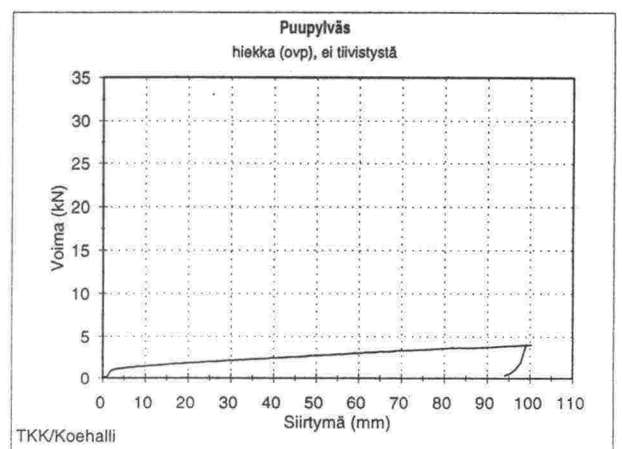
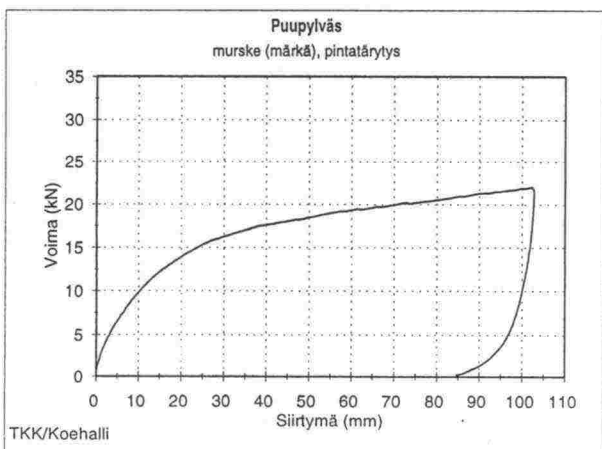
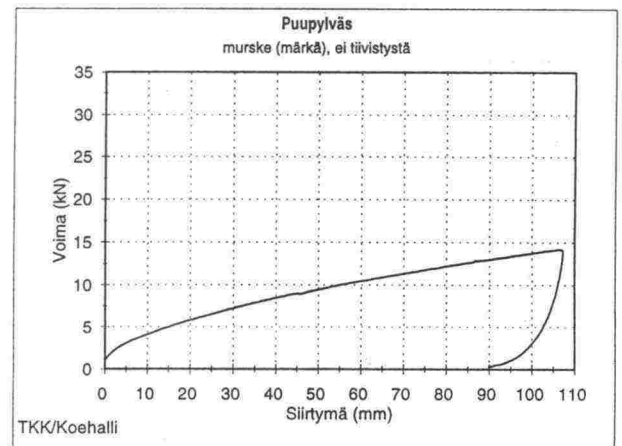
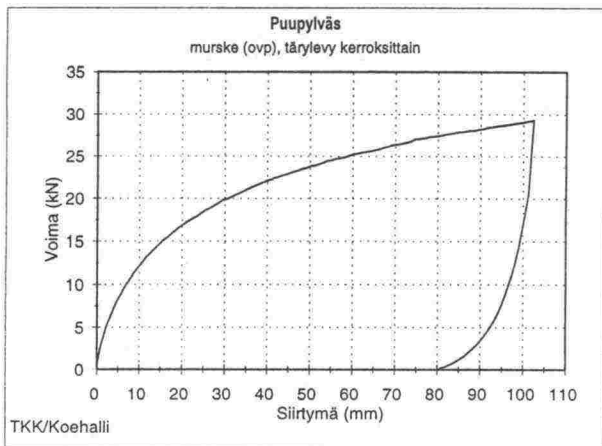
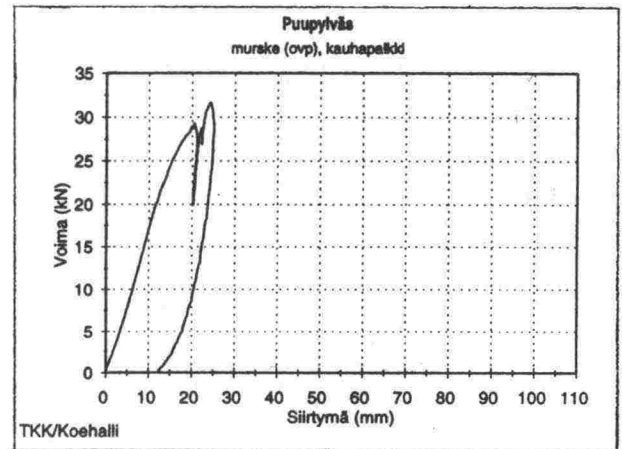
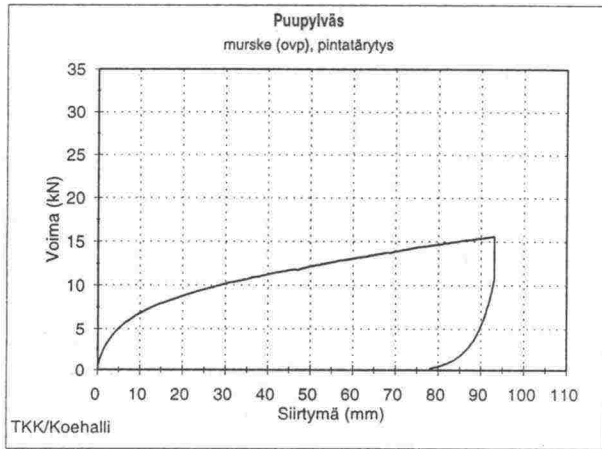
TAULUKON MERKINNÄT

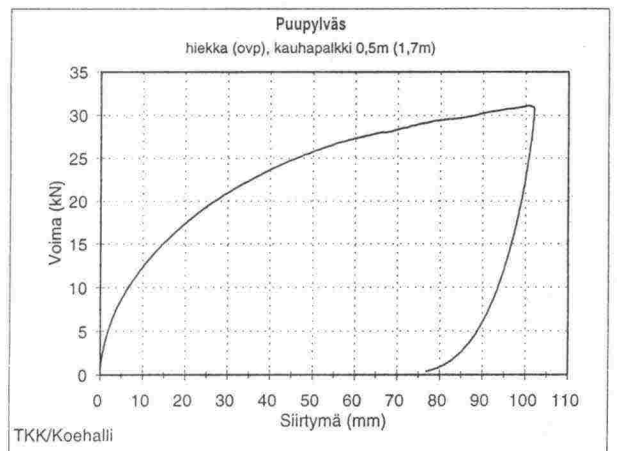
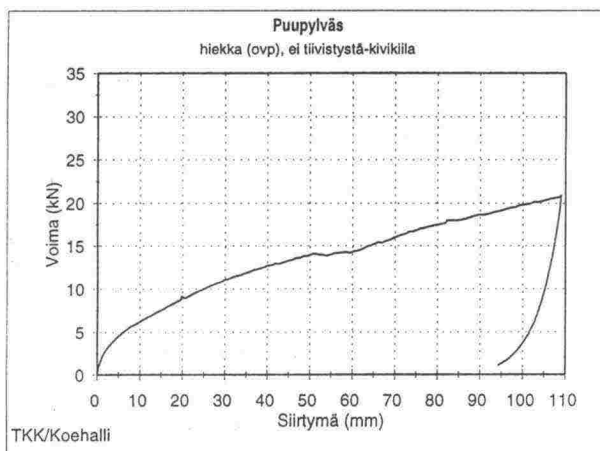
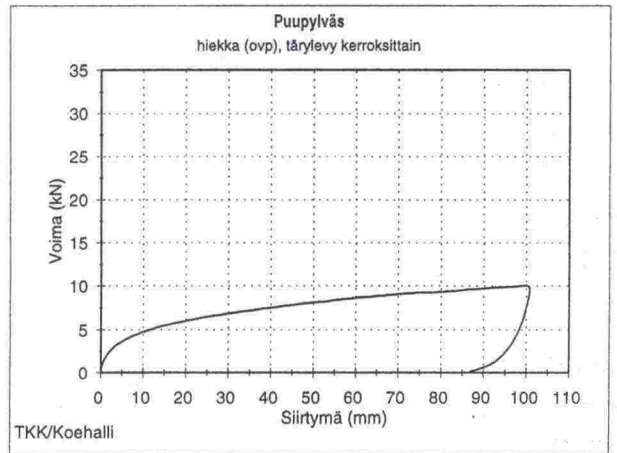
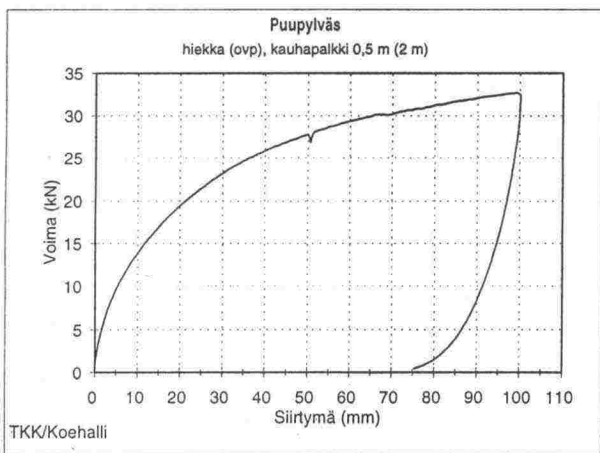
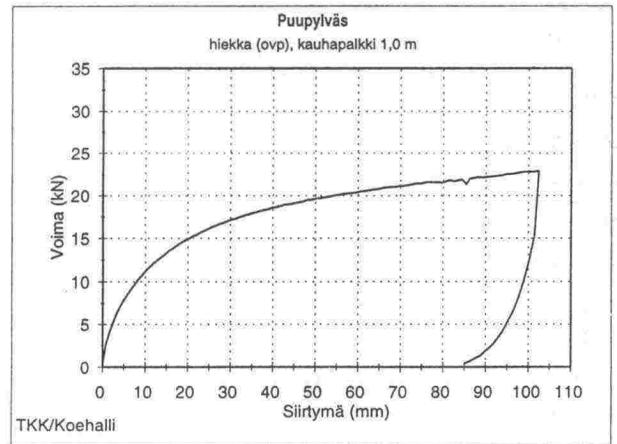
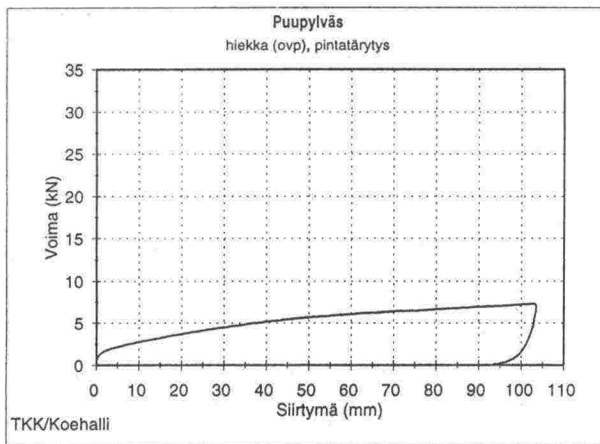
r/m	Keskimääräinen vastus, ½-kierrosta/m
E1	Loadman
E2	Loadman
F30	30 mm siirtymään vast. voima
F100	100 mm siirtymään vast. voima
Kk 30	Kiertokeskiön syvyys 30 mm siirymällä
Kk 100	Kiertokeskiön syvyys 100 mm siirymällä

NO	r/m	E1 (MPa)	E2 (MPa)	irtotiheys (kg/dm ³)	tiiveys (%)	kost %	Kk 30 (mm)	Kk 100 (mm)	Fm (kN)	F30 (kN)	F100 (kN)	Maalaji M/H	Jalusta/ Pylväs	Kastelu	Tiivistystapa	P-syvyys (mm)	Muuta
1	5.3	6.6	7.6	-	-	-	-	-	13.29	7.58	13.29	M	Teräs	Ei	0 ei tiivistystä	1900	
2	76.3	16.7	20.0	-	-	-	-	-	32.22	30.11	-	M	Teräs	Ei	4 tärylevy 0,5m	1900	
3	82.6	16.0	24.5	-	-	-	-	-	32.03	30.69	-	M	Teräs	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1900	
4	25.3	13.5	19.0	-	-	-	-	-	19.10	12.33	19.60	M	Teräs	Ei	1 pintatärytys	1900	
5	0.5	6.7	7.7	-	-	2.3	1217	-	8.63	4.40	(9,0)	M	Puu	Ei	0 ei tiivistystä	2000	
6	18.5	26.5	36.0	-	-	-	1129	-	15.69	10.20	(16,0)	M	Puu	Ei	1 pintatärytys	2000	
7	68.5	14.0	21.5	-	-	2.6	875	1122	29.29	19.94	29.17	M	Puu	Ei	4 tärylevy 0,5m	2000	
8	133.9	-	-	-	-	-	-	-	31.65	(33,0)	-	M	Puu	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	2000	
9	73.5	14.5	26.0	-	-	2.5	-	-	21.13	(32,5)	-	M	Teräs	Ei	4 kauhapalkki 1,0m	1900	
10	7.8	8.0	9.5	-	-	-	1053	-	17.41	9.92	17.20	M	Betoni	Ei	0 ei tiivistystä	1700	
11	14.0	20.0	28.0	-	-	-	1051	1430	30.53	18.36	(29,45)	M	Betoni	Ei	1 pintatärytys	1700	
12	14.4	9.5	11.5	-	-	4.6	1065	1179	14.21	7.20	13.68	M	Puu	Märkä	0 ei tiivistystä	2000	
13	20.3	33.5	43.5	-	-	-	876	1018	22.01	16.28	21.88	M	Puu	Märkä	1 pintatärytys	2000	
14	1.4	5.0	5.0	-	-	5.9	891	-	10.63	6.73	(11,5)	H	Teräs	Ei	0 ei tiivistystä	1900	
15	1.5	12.5	14.0	1.69	96	9.8	1439	-	10.74	9.96	-	H	Teräs	Ei	1 pintatärytys	1900	
16	75.5	9.0	12.5	1.52	86	6.2	1075	-	21.66	16.88	21.65	H	Teräs	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1900	
17	2.0	5.0	5.0	1.79	102	6.2	1021	-	4.11	2.18	4.05	H	Puu	Ei	0 ei tiivistystä	2000	
18	4.1	12.0	13.5	1.63	93	5.6	781	962	7.31	4.52	7.20	H	Puu	Ei	1 pintatärytys	2000	
19	24.1	8.5	9.0	1.51	86	5.5	976	-	10.07	6.91	10.01	H	Puu	Ei	4 tärylevy 0,5m	2000	
20	37.2	9.5	13.0	1.74	99	7.7	898	-	22.98	17.06	22.85	H	Puu	Ei	2 kauhapalkki 1,0m	2000	
21	71.4	11.0	13.5	1.65	94	7.2	1896	-	30.39	26.94	-	H	Betoni	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1700	
22	63.1	11.5	18.0	1.64	93	6.2	751	-	32.49	22.94	32.68	H	Puu	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	2000	
23	74.0	10.5	17.5	1.66	94	6.0	835	-	31.17	20.88	31.07	H	Puu	Ei	3 kauhapalkki 0,5m	1700	
24		5.0	5.0	-	-	-	946	-	20.96	11.49	20.05	H	Puu	Ei	0 ei tiivistystä	2000	kivikiila









[illegible][illegible]

VTT GEOTEKNIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 2
TILAAJA M4 tary SIVU
TYÖKOHD E KAIRAAJA KL
PL/PISTE VAS PVM 26.1-93
OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAINOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioit. maalojitt	Huom. Kuivakuuri, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet tauti, kairausyritykset ja kallio
21	10	25			
32	11	25			
54	22	25			
103	43	25			
148	45	25			
198	50	20			

10mm-1kN 10mm-20pk/0,2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTY. ☐ TIIVIS HAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

VTT GEOTEKNIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 7
TILAAJA M4 tary SIVU
TYÖKOHD E KAIRAAJA KL
PL/PISTE VAS PVM 23.1-93
OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAINOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioit. maalojitt	Huom. Kuivakuuri, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet tauti, kairausyritykset ja kallio
31	46	25			
54	23	25			
61	7	25			
115	54	25			
154	39	25			
200	46	12			

10mm-1kN 10mm-20pk/0,2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTY. ☐ TIIVIS HAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

VTT GEOTEKNIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 8
TILAAJA M3 Kauhajoki SIVU
TYÖKOHD E KAIRAAJA KL
PL/PISTE VAS PVM 29.1-93
OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAINOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioit. maalojitt	Huom. Kuivakuuri, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet tauti, kairausyritykset ja kallio
33	16	25			
50	12	25			
60	10	25			
63	3	25			
65	2	18			
67	2	14			
86	19	25			
90	4	14			
95	5	14			
119	24	25			
130	11	25			

10mm-1kN 10mm-20pk/0,2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTY. ☒ TIIVIS HAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

VTT GEOTEKNIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 9
TILAAJA M2 Kauhajoki SIVU
TYÖKOHD E KAIRAAJA KL
PL/PISTE VAS PVM 2.2-93
OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAINOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioit. maalojitt	Huom. Kuivakuuri, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet tauti, kairausyritykset ja kallio
43	16	25			
90	43	25			
107	17	25			
124	17	25			
167	43	25			
183	22	17			

10mm-1kN 10mm-20pk/0,2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTY. ☐ TIIVIS HAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

[illegible]

[illegible]

Valaisinpylväiden perustaminen LIITE 4 PAINOKAIRAUSTAULUKOT

VTT GEOTEKNIIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 5
TILAAJA M.O. Aik. SIVU 1
KAIKRAAJA EC
TYÖKOHDE PVM 20.1-83
PL/PISTE VAS OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAIHOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUODOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioidut maalajit	Huom. Kuivakuori, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet taset, kairausrytitykset ja kallio
2.1	12	0.5			
4.0	17	0.75			
6.3	23	1.5			
10.5	36	1.5			
12.0	15	0.75			
16.0	40	1.5			
18.5	25	0.75			
19.5	10	1.5			
20.0	5	"	?		

10mm-1KN 10mm-20pk/0.2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTYV. ☐ TIIVIS MAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

VTT GEOTEKNIIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 6
TILAAJA H1 Pinta SIVU 1
KAIKRAAJA EC
TYÖKOHDE PVM 20.1-83
PL/PISTE VAS OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAIHOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUODOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioidut maalajit	Huom. Kuivakuori, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet taset, kairausrytitykset ja kallio
1.0	100	1.5	25		
1.4	40	"	7		
1.75	39	"			
2.0	21	"	5		

10mm-1KN 10mm-20pk/0.2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTYV. ☐ TIIVIS MAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

VTT GEOTEKNIIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 9
TILAAJA M.O. Kauhajoki SIVU 1
KAIKRAAJA EC
TYÖKOHDE PVM 2.2-83
PL/PISTE VAS OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAIHOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUODOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioidut maalajit	Huom. Kuivakuori, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet taset, kairausrytitykset ja kallio
4.3	16	25			
3.0	47	"	25		
10.7	17	"	25		
12.4	17	"	25		
16.7	43	"	25		
18.9	22	"	17		

10mm-1KN 10mm-20pk/0.2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTYV. ☐ TIIVIS MAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

VTT GEOTEKNIIKAN LABORATORIO KAIRAUSPÖYTÄKIRJA TYÖ NO 3
TILAAJA H3 Kauhajoki SIVU 1
KAIKRAAJA EC
TYÖKOHDE PVM 2.2-83
PL/PISTE VAS OIK Y

MAANPINNAN/VEDENPINNAN KORKEUS
☐ PAIHOKAIRAUS: ☐ KÄSIN ☐ KONEELLINEN ☐ VAUNU
☐ HEIJARIKAIRAUS: ☐ HEIJARIPUKKI ☐ VAPAAPUODOTUS ☐ MUU
☐ TÄRYKAIRAUS:

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lyöntien määrä	Arvioidut maalajit	Huom. Kuivakuori, routaraja, alkukairauslata ja -syvyys, vedenpinta, näytteet taset, kairausrytitykset ja kallio
4.2	16	25			
6.0	8	"	25		
7.3	23	"	25		
11.3	43	"	25		
15.4	41	"	25		
18.1	17	"	7		

10mm-1KN 10mm-20pk/0.2m

KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: ☐ MÄÄRÄSTYV. ☐ TIIVIS MAAKERROS
☐ KIVI TAI LOHKARE ☐ KIVI, LOHKARE TAI KALLIO ☐ KALLIO

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 5/1993 Yleisten teiden käyttömaksut; Osa B: Automaattisen perintäteknologian soveltuvuus Suomen moottoriväylille. TIEL 3200131
- 6/1993 Yleisten teiden käyttömaksut; Osa C: Selvitys Turunväylän ja Lahdentien rakentamisesta tullirahoituksella. TIEL 3200132
- 7/1993 Yleisten teiden käyttömaksut; Osa D: Parainen-Nauvo kiinteä yhteys tulli-tienä. TIEL 3200133
- 8/1993 Sitomattoman kantavan kerroksen rakentaminen. TIEL 3200135
- 9/1993 Taajamatien pienet parannustoimenpiteet. TIEL 3200136
- 10/1993 Ympäristövaikutusten arviointimenettely paikallisissa tiehankkeissa. TIEL 3200137
- 11/1993 "Vuorovaikutus tavaksi"; Palveleva tielaitos -projektin loppuraportti. TIEL 3200138
- 12/1993 Meluesteet ja puisen meluesteen malli. TIEL 3200139
- 13/1993 Hiekka- ja suolavarastot. TIEL 3200140
- 14/1993 Tie kokemusmaailmana. TIEL 3200141
- 15/1993 Masuunikuonan käyttö sitomattomissa päällysrakennekerroksissa. TIEL 3200142
- 16/1993 Betonipäällysteen seuranta; Vt 4 Kempele-Kiviniemi, seurantaraportti nro 1. TIEL 3200143
- 17/1993 Asfalttipäällysteiden suunnitteluperusteiden vertailu nastallisen ja nastattoman liikenteen välillä, kirjallisuustutkimus. TIEL 3200144
- 18/1993 Tiehankkeiden liikennetaloudellisen kannattavuuden toteutuminen.
- 19/1993 Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus; Mittaukset ja havainnot 1991-1992. TIEL 3200145
- 20/1993 Moreeni ja sen käyttö. TIEL 3200146
- 21/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Pengerpaalutus. TIEL 3200147
- 22/1993 Liikenneväylän vaikutukset lähiympäristön yhdyskuntarakenteeseen; Väestö-, työpaikka- ja elinkeinorakenteen muutokset vt 3 Helsinki-Tampere-tien vaikutusalueella. TIEL 3200148
- 23/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Pohjanvahvistusmenetelmän valinta. TIEL 3200149
- 24/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Tiegeotekniikan yleiset suunnittelu-periaatteet. TIEL 3200150
- 25/1993 Teknologian siirto; T² -keskuksen perustaminen. TIEL 3200151
- 26/1993 Pohjaveden suojarakenteiden laadunvalvonta; Tutkimuksia ja suosituksia. TIEL 3200152